

FACTEURS DE VARIATION DE LA DIGESTIBILITE DES NUTRIMENTS CHEZ LE POULET : SYNTHÈSE DES RESULTATS DU PROJET DIGSPIR

**Métayer Jean Paul¹, Lescoat Philippe², Bastianelli Denis³, Bouvarel Isabelle⁴,
Fournis Yann⁵, Vilariño Maria⁶**

¹ARVALIS – Institut du végétal, 91720 Boigneville, France

²Unité de Recherches Avicoles, Centre INRA de Tours, 37380 Nouzilly, France

³CIRAD-SELMET, Baillarguet TAC-112/A, 34398 Montpellier Cedex 05, France

⁴ITAVI, Centre INRA de Tours, 37380 Nouzilly, France

⁵PROVIMI Firme-Service, Parc d'activités de Ferchaud, 35320 Crévin, France

⁶ARVALIS – Institut du végétal, Pouline, 41100 Villerable, France

jp.metayer@arvalisinstitutduvegetal.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de notre étude était, à partir d'une base de données issue d'essais de digestibilité fécale réalisés chez le poulet standard, de mieux comprendre les facteurs de variation de la digestibilité (CUD) de l'amidon, des protéines, des matières grasses et de l'énergie des aliments. Cinq essais (51 aliments) ont été mis en place avec plusieurs modalités : le profil des matières premières (céréales, matières riches en protéines, huiles), le niveau énergétique des aliments, l'âge et le sexe des poulets. Le CUDa de l'azote d'un aliment à base de blé/soja a diminué de 4 % ($P < 0,001$) entre le 6ème et le 24ème jour d'âge. Le CUDa de l'azote varie selon la nature des matières riches en protéines. Il est légèrement dégradé en présence de tourteau de colza et inversement, il est d'autant plus amélioré que la part de tourteau de soja est importante. Avec des taux d'incorporation élevés de blé ($> 55\%$), le CUD de l'amidon a tendance à diminuer et montre une variabilité individuelle beaucoup plus importante. L'âge des poulets ressort comme un facteur important, les poulets les plus jeunes ayant mieux digéré l'amidon. La teneur en amidon des fientes explique le CUD de l'amidon de 86 à 99 % selon les essais. Le CUD des matières grasses a diminué en présence d'huiles acides et de colza en comparaison à l'huile de soja. En revanche, il a augmenté avec l'âge des poulets surtout en présence d'aliments à faible niveau énergétique. Du fait des interactions entre les différents nutriments, le CUD de l'énergie est plus difficile à analyser. Pour tous types d'aliments confondus, le CUD de l'énergie est fortement corrélé avec le CUD des protéines ($R = 0,79$; $P < 0,001$) et avec le CUD des matières grasses ($R = 0,61$; $P < 0,001$). Par contre, la corrélation est beaucoup plus faible avec le CUD amidon ($R = 0,33$; $P < 0,001$), sauf pour les régimes à base de blé. En conclusion, nos résultats ont montré qu'en présence d'aliments iso-énergie et iso-protéines, le profil des matières premières de l'aliment ainsi que l'animal, son sexe et son âge, pouvaient influencer sur la digestibilité des nutriments.

ABSTRACT

Factors affecting nutrients digestibility in broilers: synthesis of DigSPIR project results

The aim of our study was, using a database created from trials in broilers to better understand the sources of variation of starch, nitrogen, fat and energy apparent total tract digestibility (ATTD) of diets. Five trials (51 diets) were performed, designed with different levels of measurement: the profile of raw materials (cereals, protein-rich materials, oils), the energy level of diet, age and sex of broilers. ATTD of nitrogen in wheat/soybean meal-based diet decreased by 4% ($P < 0.001$) between the 6th and 24th day of age. ATTD of nitrogen varied with source of proteins in diets. It decreased slightly in the presence of rapeseed meal and inversely increased with soybean meal, especially as the quantity is higher. With high levels of wheat ($> 55\%$), TTD of starch tended to decrease and showed a higher individual variability. The age of broilers was significative, the youngest chickens had a better starch digestibility. Starch content of excreta explained from 86 to 99% of its TTD of starch TTD of fat decreased in the presence of acid and rapeseed oils compared to soybean oil. However, TTD of fat increased with age of broilers especially for diets with low energetic level. Due to interactions between different nutrients, ATTD of gross energy was more difficult to analyze. For all types of diets, ATTD of gross energy was strongly correlated with ATTD of nitrogen ($R = 0.79$, $P < 0.001$) and with TTD of fat ($R = 0.61$, $P < 0.001$), whereas the correlation is much weaker with TTD of starch ($R = 0.33$, $P < 0.001$), except for wheat based-diets. In conclusion, our results showed, in the case of iso-energy and iso-protein diets, the profile of raw, animal (sex and age) materials had an effect on nutrients digestibility.

INTRODUCTION

Chez le jeune poulet, la digestibilité de l'énergie des aliments est plus ou moins variable selon les aliments consommés et les matières premières incorporées. La formulation des aliments, basée sur les besoins nutritionnels des animaux à des stades physiologiques bien précis, permet de répondre à des objectifs de performance des animaux. L'optimisation des formules d'aliment est réalisée à partir des matières premières disponibles, de leur composition chimique et de valeurs énergétiques de référence obtenues la plupart du temps chez le coq adulte (EMA) ou prédites à l'aide d'équations (CEE, 1986 ; Fisher et Mac Nab, 1987). Or, il n'est pas rare d'observer des résultats de performances qui diffèrent des objectifs. Peu de références de digestibilité des nutriments des aliments, autres que l'énergie existent. Quel est l'effet de l'âge ou du sexe des poulets et du profil des matières premières incorporées, sur la digestibilité des nutriments ? L'objectif de cette étude était de mieux comprendre les facteurs de variation de la digestibilité (CUD) de l'amidon, des protéines, des matières grasses et de l'énergie des aliments. Ceci a été possible à partir d'une base de données issue de cinq essais de digestibilité fécale (51 aliments) réalisés chez le poulet standard dans le cadre du projet DigSPIR, représentant une variabilité très importante dans la composition des aliments et en intégrant d'autres variables (sexe, âge, ...).

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux et aliments

Les essais ont été réalisés sur des poulets de souche ROSS PM3. Ils ont reçu un aliment démarrage (protéines = 22,0 %, EMA = 2850 kcal/kg) avant qu'une mise en lots en fonction du poids corporel ait été effectuée (âge différent selon les essais). Sur les 5 essais, 51 aliments représentant une variabilité importante de profils matières premières (céréale majoritaire, tourteau majoritaire, type d'huile,...) ont été évalués. Du dioxyde de titane (TiO₂) a été introduit au taux de 0,50 % dans les aliments des essais 1 à 4 en tant que marqueur indigestible. Dans ces quatre essais, il n'a pas été ajouté d'additif anticoccidien et d'enzymes contrairement à l'essai 5. Les aliments étaient tous présentés en granulés. Dans le tableau 1 figurent les différents essais réalisés ainsi que les différentes modalités étudiées. Dans le 1^{er} essai, 18 aliments avec deux niveaux d'énergie et de protéines et des profils de matières premières très variables, ont été étudiés. 3 bilans digestifs ont été réalisés sur des poulets mâles à J21, J24 (âge habituel des bilans digestifs) et J27. Dans le 2^{ème} essai, des aliments de composition et de caractéristiques similaires ont été testés chez des femelles et à 3 âges : J14, J21 et J28. Dans le 3^{ème} essai, 6 aliments de composition variable ont été

comparés chez des mâles et des femelles à J24. Dans le 4^{ème} essai, un seul aliment à base de blé (choisi pour sa digestibilité de l'amidon plutôt variable) a été testé à 5 âges allant de J6 à J24. Dans le 5^{ème} essai, ont été testés 7 aliments à base de blé ou maïs complémentés par différentes matières riches en protéines (MRP) et 2 aliments commerciaux de type finition.

1.3. Digestibilité fécale des nutriments

La méthode de bilan digestif avec marqueur, sans mise à jeun et avec collecte partielle des excréta (Métayer *et al.*, 2013), a été utilisée dans les essais 1 à 4 et la méthode de référence décrite par Bourdillon *et al.* (1990), dans l'essai 5. Les excréta ont été lyophilisés dans 4 essais ou séchés à l'étuve (72h à 60°C) dans le 5^{ème} essai. Les excréta ont ensuite été broyés (grille Ø 0,5 mm) puis analysés. L'énergie métabolisable apparente (EMAn) des aliments et la digestibilité apparente de l'azote (CUDa N), de l'amidon (CUD amidon), des matières grasses (CUD MG) et de l'énergie (CUD E = EMAn/EB ; EB = énergie brute) ont été calculées selon les formules suivantes :

$$EMAn = EB_{alt} - ((EB_{exc} * T_{ialt}/T_{iexc}) + 8,22 * BN)$$

$$CUD = 100 - X_{alt}/X_{exc} * T_{iexc}/T_{ialt} * 100$$

X_{alt} = concentration du nutriment dans l'aliment

X_{exc} = concentration du nutriment dans les excréta

T_{ialt} = concentration du TiO₂ dans l'aliment

T_{iexc} = concentration du TiO₂ dans les excréta

1.4. Méthodes d'analyses

Les analyses sur les aliments ont été réalisées en double par des méthodes de référence : protéines (N*6,25 - méthode Kjeldahl, NF EN ISO 5983-1), matières grasses avec hydrolyse (NF EN ISO 11085), amidon (méthode enzymatique NF V18-121), énergie brute (mesure à l'aide d'un calorimètre isopéribole C2000, NF EN ISO 9831). La composition des excréta a été obtenue à l'aide des équations de prédiction dans le proche infrarouge (SPIR) avec les méthodes décrites par Bastianelli *et al.* (2010) et après validation par les méthodes de références ci-dessus plus méthode Terpstra et de Hart (1974) pour l'azote protéique des excréta. Les teneurs en TiO₂ utilisées pour les calculs de digestibilité ont été mesurées en double sur la totalité des aliments et des excréta selon la méthode décrite par Short *et al.* (1996).

1.5. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Statview Software program, version 5.0. et du logiciel libre R, version 3.1.0. La méthode de « segmentation, package rpart » a été utilisée pour l'analyse descriptive des données. Cette méthode permet de diviser de façon progressive les données (variables qualitatives et quantitatives) en sous-groupes (segments), pour construire un arbre de

décision. La méthode de « Forêt aléatoire, package randomForest » a été utilisée pour identifier les variables explicatives du CUD E (si on retire telle ou telle variable, de combien l'erreur est augmentée).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Composition chimique des aliments, des excréta et digestibilité des nutriments

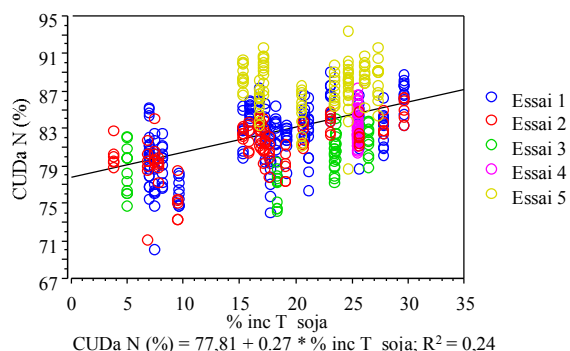
La variabilité importante recherchée de la composition chimique des aliments et des excréta est bien obtenue, elle est présentée dans le tableau 2.

Ces plages de variation étendues ont rendu possible, dans le cadre du projet DigSPIR, l'établissement de calibrations permettant de prédire la composition des fientes et la digestibilité des aliments (Coulibaly *et al.*, 2013).

2.2. Facteurs de variation de la digestibilité des protéines

Dans cette étude, les deux premières variables explicatives du CUDa N (méthode de segmentation, tableau 3), sont tout d'abord, l'essai 5 (seul essai dont les aliments contiennent des enzymes) puis ensuite, le type de céréale pour l'essai 5 et la présence ou non de tourteau de colza pour les 4 autres essais. Le CUDa N est corrélé positivement avec le taux d'incorporation de tourteau de soja ($R=0,49$) et négativement avec l'incorporation de tourteau de colza ($R=-0,44$). Ainsi, parmi les MRP, plus la part de tourteau de soja est importante, meilleure est la digestibilité de l'azote des aliments (figure 1). Un point de tourteau de colza dégrade le CUDa N de 0,3 % en moyenne.

Figure 1 - Relation entre le taux d'incorporation du tourteau de soja et digestibilité de l'azote chez le poulet



Dans les essais 1 (18 aliments) et 4 (aliment base blé/soja), nous avons observé respectivement une baisse de 2,1 et 4 % ($P<0,001$) du CUDa N avec l'âge, de J20 à J27 (essai 1) et de J6 à J24 (essai 4). Dans l'essai 2, similaire à l'essai 1 mais chez des femelles, il n'a pas été observé de dégradation du CUDa N entre de J14 à J28. De même, Danel *et al.* (2015) rapportent un effet de l'âge sur le CUDa N mesuré de J8 à J28, avec des aliments à base de blé ou

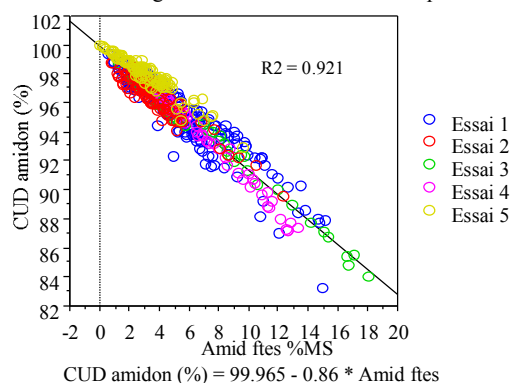
maïs, avec un pic entre J13 et J18. Ces résultats parfois contradictoires nécessitent d'être approfondis.

2.3. Facteurs de variation de la digestibilité de l'amidon

La méthode de segmentation montre que la teneur en amidon des fientes est la première variable explicative du CUD amidon ($R=0,96$ $P<0,001$). L'amidon des fientes explique en moyenne 92 % de la digestibilité de l'amidon et varie de 86 à 99 % selon les essais. Cette relation est intéressante car à l'aide d'une méthode rapide (SPIR) de mesure de l'amidon dans les fientes, il est possible de prédire rapidement et au moindre coût, la digestibilité de l'amidon et à terme détecter des désordres digestifs au niveau de l'élevage.

Pour mieux analyser le CUD amidon, nous sommes donc partis de la teneur en amidon dans les fientes (tableau 3). La première variable explicative des teneurs élevées en amidon dans les fientes (et donc d'un CUD dégradé) est le taux élevé de blé ou de pois dans l'aliment. Plus le taux d'incorporation du blé (choisi pour cette caractéristique) dans l'aliment est élevé, moins bien il est digéré ($R=-0,38$; $P<0,001$). Ces résultats corroborent ceux rapportés par Nugues *et al.* (2013) et Danel *et al.* (2015) avec des aliments à base de blé. Pour le pois, ces résultats sont en accord avec ceux de Carré *et al.* (2013), dans lesquels une baisse de la digestibilité de l'amidon a été observée avec l'introduction de pois dans l'aliment.

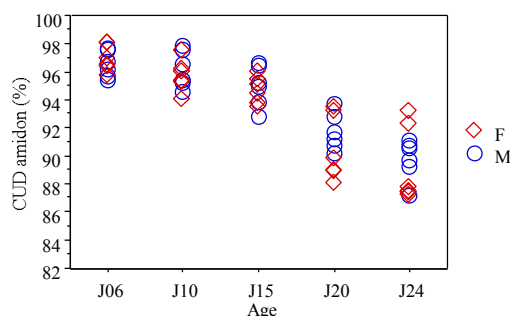
Figure 2 - Relation entre la teneur en amidon des fientes et la digestibilité de l'amidon chez le poulet



La deuxième variable explicative pour ces aliments est l'âge des poulets. Les plus jeunes digèrent mieux l'amidon des aliments à base de blé. Dans l'essai 4 (aliment base blé/soja), nous avons observé une baisse de 7,5 % ($P<0,001$) du CUD amidon entre le 6^{ème} et le 24^{ème} jour d'âge des poulets et une variabilité individuelle qui augmente avec l'âge (figure 3). Ces résultats corroborent ceux de Danel *et al.* (2015). Thomas *et al.* (2008) expliquent cette digestibilité élevée de l'amidon chez le jeune poulet par une forte activité enzymatique (α -amylase et disaccharidase) dans l'intestin. Pour les autres aliments, la deuxième

variable explicative est la présence de maïs vs. les autres céréales. L'amidon du maïs étant mieux digéré.

Figure 3 - Effet de l'âge des poulets sur la digestibilité de l'amidon (essai 4)



Aucun effet du sexe sur la digestibilité de l'amidon des poulets n'a été observé.

2.4. Facteurs de variation de la digestibilité des matières grasses

Dans cette étude, la variabilité du CUD MG est plus difficile à expliquer. Le premier facteur explicatif est la teneur en matière grasse des aliments, avec une dégradation de la digestibilité pour les aliments les moins pourvus (<4,8 %MG) mais cela concerne très peu d'individus (36 vs. 510). Sur ceux >4,8 %MG, la segmentation des données (tableau 3) indique qu'en présence de maïs, le CUD MG est amélioré. Ensuite, la nature des huiles semble être un facteur important. L'incorporation d'huiles acides diminue le CUD MG de l'aliment. Tancharoenrat *et al.* (2013) attribuent une meilleure digestibilité iléale aux acides gras insaturés (AGI), or la part d'AGI (C18-2) est plus élevée dans l'huile de soja que dans l'huile de colza et l'huile acide (54,5 et 21,3 %).

Il n'a pas été observé d'effet sexe sur le CUD MG. Cependant, les femelles semblent digérer un peu mieux les MG ($P=0,09$). Les poulets les plus âgés valorisent mieux les MG ($P<0,001$).

Dans cette étude, la digestibilité des lipides n'est pas affectée par la présence forte de blé dans les aliments, en contradiction avec les observations de Carré *et al.* (2013). Cela s'explique certainement par l'effet de la très forte viscosité de la variété de blé utilisée dans leurs essais, qui dégrade la digestibilité des lipides, alors que les blés de nos essais ont une viscosité faible à moyenne.

2.5. Facteurs de variation de la digestibilité de l'énergie

Le CUD E est segmenté en premier lieu par le niveau du CUDa N. La deuxième variable explicative est la teneur en amidon pour les aliments avec un CUDa N <84% et la teneur en MAT pour ceux >84%.

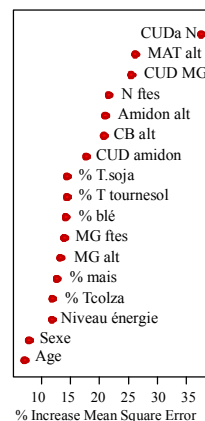
Tous types d'aliments confondus (5 essais), le CUD E est fortement corrélé avec le CUDa N ($R=0,79$; $P<0,001$) et le CUD MG ($R=0,61$; $P<0,001$) alors que la corrélation avec le CUD amidon est plus faible

($R=0,33$; $P<0,001$). Les aliments moins riches en énergie, plus riches en cellulose brute, ont un CUD E plus faible ($R=0,50$; $P<0,001$). Dans cette étude, aucun effet du sexe n'a été observé sur ce critère.

La digestibilité de l'énergie mesurée *in vivo* est systématiquement plus faible que les CUD E calculés lors de la formulation, laissant ainsi supposer une surestimation de la valeur énergétique des aliments. L'écart est de +2,0 -0,8 et +1,2 % respectivement pour les aliments « basse » (plus riches en fibres), « moyenne » et « haute » énergie. De même, cet écart est en moyenne plus faible chez les poulets les plus jeunes et atteint 2 à 3 points chez les poulets les plus âgés.

Le CUD E est un critère affecté par de multiples variables. La méthode des « forêts aléatoires » nous a permis d'identifier les variables explicatives qualitatives et quantitatives, minimisant les erreurs de prédiction du CUD E. Les variables retenues sont représentées sur la figure 4.

Figure 4 - Variables explicatives CUD E (forêts aléatoires)



CONCLUSION

La digestibilité de l'azote des aliments est dépendante de la nature des matières premières riches en protéines, avec un effet positif du tourteau de soja. La teneur en amidon des fientes permet de prédire précisément le CUD amidon. La présence de certains blés ou de pois peut dégrader le CUD amidon et ceci d'autant plus que l'animal est âgé. Le CUD MG est amélioré en présence de maïs dans l'aliment, dégradé en présence d'huile acide. La digestibilité de l'énergie est fortement corrélée à la digestibilité de l'azote de l'aliment et à celle de l'amidon avec certains blés. Aucun effet significatif du sexe n'a été observé sur la digestibilité des nutriments.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le personnel de la station expérimentale d'ARVALIS – Institut du végétal à Villers (41), des stations INRA UR83 à Nouzilly (37) et UE1206 EASM au Magnaud (17), pour la réalisation des essais sur animaux, les laboratoires d'ARVALIS, du CIRAD et de l'INRA UR83, pour la

réalisation des analyses, Florent Duyme du service statistiques et méthodologies d'ARVALIS ainsi que le Compte d'Affectation Spécial « Développement Agricole et Rural » du Ministère de l'Agriculture, de

l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire pour sa participation financière au projet DigSPIR.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Bastianelli D., Bonnal L., Juin H., Mignon-Grasteau S., Davrieux F., Carré B., 2010. J. Near Infrared Spectrosc., 18, 69-77.
2. Bourdillon A., Carre B., Conan L., Francesch M., Fuentes M., Huyghebaert G., Janssen W.M.M.A., Leclercq B., Lessire M., McNab J., Rigoni M., Wiseman J. 1990. Brit. Poult. Sci., 31, 567-576.
3. Carré B., Lessire M., Juin H., 2013. Animal, 7(8), 1246-1258.
4. CEE, 1986. Directive 86/174. J.O. C.E. L130, 53-54.
5. Coulibaly I., Métayer J.P., Chartrin P., Mahaut B., Bouvarel I., Hogrel P., Bastianelli D., 2013. 10èmes Journ. Rech. Avicoles et Palmipèdes à Foie Gras, La Rochelle, 26-28 mars, 640-644.
6. Danel J., Métayer J.P., Vilariño M., 2015. 11^{èmes} Journ. Rech. Avicole, Tours, 25 et 26 mars 2015.
7. Fisher C., Mc Nab J.M., 1987. In: Recent Advances In Animal Nutrition. Haresign W. et Cole D.J.A. Eds. Butterworth (London, UK), 3-18.
8. Métayer J.P., Lescoat P., Bastianelli D., Bouvarel I., Fournis Y., Vilariño M., 2013. 10èmes Journ. Rech. Avicoles et Palmipèdes à Foie Gras, La Rochelle, 26-28 mars, 767-771.
9. Nuges M., Métayer J.P., Duyme F., Skiba F., Vilariño M., 2013. 19th European Symp. Poult. Nut., Potsdam-Germany, August 26-29.
10. Short F.J., Gorton P., Wiseman J., Boorman K.N., 1996. Anim. Feed Sci. Tech., 59, 215-221.
11. Tancharoenrat P., Ravindran V., Zaefarian F., Ravindran G., 2013. Poult. Sci., 93, 371-379.
12. Terpstra K., De Hart N., 1974. Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkd., 32, 306-320.
13. Thomas D.V., Ravindran V., Ravindran G., 2008. Brit. Poultry Sci., 49, 429-435.

Tableau 1 – Dispositifs expérimentaux

E	A	Profil MP	EMA	MAT	n/S	Age	E	A	Profil MP	EMA	MAT	n/S	Age
1	9	B/M/O/D/S/P/	3030	19,9	4/♂	21, 24, 27	4	1	B/M/D/TS/HS	2880	21,0	12/♂♀	6, 10, 15, 20, 24
	9	TS/TC/TT/HS/H	2735	17,9									
2	9	B/M/O/D/S/A/P/	3030	19,9	2/♀	14, 21, 28	5	8	B/M/D/TS/TT/T	2950	19,9	12/♂♀	24
	9	TS/TC/TT/HS/H	2735	17,9									
3	5	B/M/TS/TC/TT/	2950	19,5	12/♂♀	24	2	B/M/A/TS/TC/T	3170	3080	17,2	16,7	
		HS											

E : Essai ; A : Aliment ; Profil MP : B (blé), M (maïs), O (orge), A (avoine), T (triticale), D (drêches), S (son), P (pois), TS (tourteau soja), TC (tourteau colza), TT (tourteau tournesol), HS (huile soja), HC (huile colza), HA (huile acide), HP (huile palme) ; EMA : Energie Métabolisable Apparente formulée (kcal/kg) ; MAT : Matière Azotée Totale formulée (%) ; n/S : Nombre répétitions et sexe

Tableau 2 - Variabilité de la composition chimique des aliments et des excréta (% MS) et digestibilité des nutriments (%).

Aliments n=51	Moyenne	mini	maxi	C.V.
Protéines	21,0	16,7	23,5	0,08
Amidon	39,5	27,5	49,0	0,11
Matière grasse	7,7	3,0	11,7	0,29
Cellulose brute	4,5	2,6	9,9	0,38
EB (kcal/kg MS)	4633	4390	4855	0,03
Excréta n=546	Moyenne	mini	maxi	C.V.
N total	4,4	2,6	7,3	0,15
N fécal	1,7	1,0	2,5	0,14
Amidon	4,8	0,04	18,0	0,65
Matière grasse	3,4	0,8	8,1	0,34
EB (kcal/kg MS)	4059	3698	4565	0,03
EMA	3256	2501	3929	0,07
EMAn	3092	2383	3706	0,07
CUDa N	82,9	70,1	93,4	0,05
CUD amidon	95,8	83,2	100,0	0,03
CUD MG	84,2	44,3	96,6	0,07
CUD E	66,8	52,2	85,8	0,07

EMA et EMAn en kcal/kg MS
C.V. : coefficient de variation

Tableau 3 - Segmentation des paramètres de la digestibilité des nutriments

Paramètres	1ère segmentation		2ème segmentation	
Moy (n)	Critère	Moy (n)	Critère	Moy (n)
Amidon fientes 4,8 % (546)	Blé, pois	7,9 % (156)	Age J20-J29	9,2 % (112)
			Age J06-J15	4,8 % (44)
	Autres MP	3,6 % (390)	Mélange céréales	4,5 % (150)
			Mais	3,0 % (240)
CUDa N 83 % (546)	Essais 1-4	82 % (438)	T. colza ≥ 4,5	79 % (141)
	Essai 5 (avec enzymes)	88 % (108)	T. colza < 4,5	83 % (297)
	MG alim < 4,8	69 % (36)	Base Blé	86 % (48)
			Base maïs	89 % (60)
CUD MG 84 % (546)	MG alim > 4,8	85 % (510)	CUD amidon ≤ 96	67 % (17)
			CUD amidon > 96	71 % (19)
	CUDa N < 84	65 % (346)	Céréales et huiles	83 % (306)
			Mais et essai 5	88 % (204)
CUD E 67 % (546)	CUDa N ≥ 84	71 % (200)	Amidon alt < 33	58 % (36)
			Amidon alt ≥ 33	65 % (310)
			MAT alt ≥ 20	69 % (123)
			MAT alt < 20	73 % (77)

n : effectif du groupe considéré